

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **2 760 610** (13) **C1**

(51) МПК
[F24F 12/00 \(2006.01\)](#)
[F24D 15/04 \(2006.01\)](#)
(52) СПК
[F24F 12/00 \(2021.08\)](#)
[F24D 15/04 \(2021.08\)](#)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.12.2021)
Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 26.02.2022 по 25.02.2023. При
уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 26.02.2023 по 25.08.2023
размер пошлины увеличивается на 50%.

(21)(22) Заявка: [2021104932](#), 25.02.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.02.2021

Дата регистрации:
29.11.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 25.02.2021

(45) Опубликовано: [29.11.2021](#) Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 120753 U1, 27.09.2012. RU
2191440 C2, 20.10.2002. CN 106949532 A,
14.07.2017. CN 108566761 A, 21.09.2018. CN
210946882 U, 07.07.2020. CN 108895712 A,
27.11.2018.

Адрес для переписки:
191002, Санкт-Петербург, ул. Большая
Московская, 2, ОАО "НИПИИ
"Ленметрогипротранс", Лебедеву М.О.

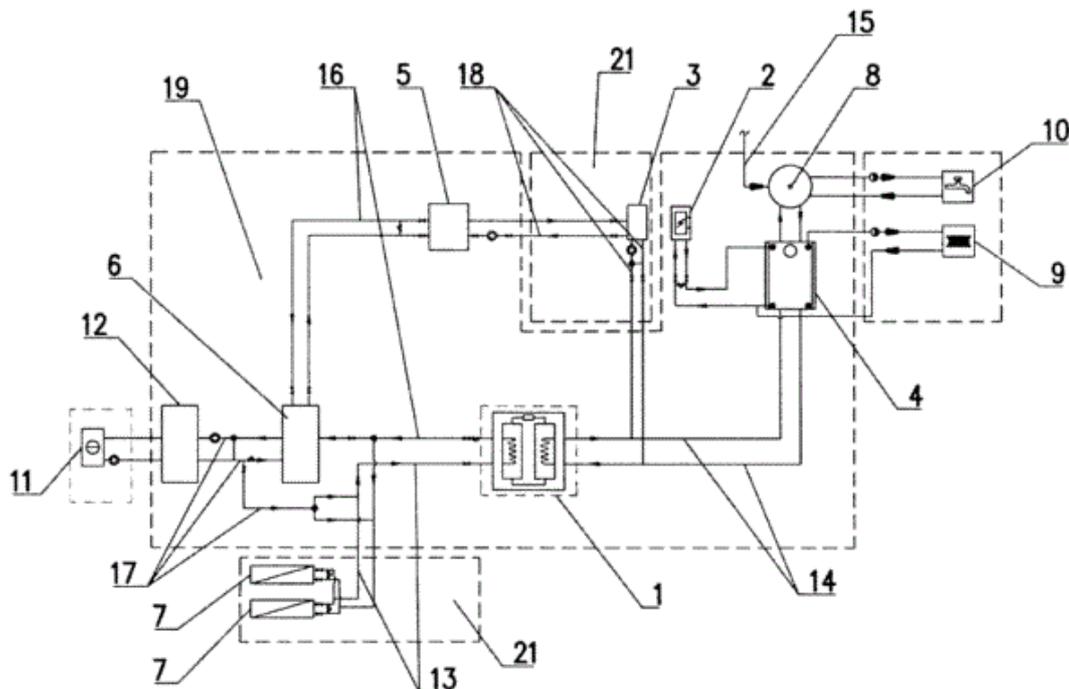
(72) Автор(ы):
**Маслак Владимир Александрович (RU),
Левина Елена Константиновна (RU),
Мошин Сергей Сергеевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):
**Открытое акционерное общество
"Научно-исследовательский, проектно-
изыскательский институт
"Ленметрогипротранс" (RU)**

(54) Теплонасосная система использования сбросного тепла вытяжного воздуха метрополитена

(57) Реферат:

Изобретение относится к метрополитену, а именно к установкам использования сбросного тепла вытяжного воздуха метрополитена для одновременного получения горячей и холодной воды и их использования в системах отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования для собственных нужд метрополитена. Тепловой насос 1 размещен в тепловом пункте 19 внутри станции метрополитена 24 с двухпутным тоннелем 25, под сводом которой расположен вытяжной вентиляционный канал 20. За счет работы теплового насоса 1 низкопотенциальная теплота вытяжного воздуха преобразуется в теплоту с высокой температурой, которая передается к теплоносителю, циркулирующему в трубопроводах 14 контура горячей воды. Контур горячей воды разделяется через теплоаккумулятор 4 на контур отопления 9 и контур горячего водоснабжения 10. При передаче тепла в испарителе теплового насоса 1 теплоноситель (пропиленгликоль) промежуточного контура передачи тепла от вытяжного воздуха охлаждается и его холодильный потенциал может быть использован для систем холодоснабжения потребителей, расположенных на станции метрополитена 24. В качестве потребителей тепла и холода используются объекты расположенные внутри станции метрополитена. Достижимый технический результат - повышение эффективности применения теплового насоса, сокращение объема строительных работ при установке теплового насоса на станции метрополитена и сокращении протяженности тепловых коммуникаций (трубопроводов) от теплового



Фиг.2

Изобретение относится к метрополитену, а именно к установкам использования сбросного тепла вытяжного воздуха метрополитена для одновременного получения горячей и холодной воды и их использования в системах отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования для собственных нужд метрополитена.

Опыт эксплуатации метрополитенов показывает, что чаще всего основной вредностью является тепло, поступающее в тоннели от трансформации энергии движущихся поездов и работы оборудования. Часть этого тепла взаимодействует с окружающим грунтом, часть удаляется системой тоннельной вентиляции. На практике - вторичное использование тепла, удаляемого тоннельной вентиляцией не находит применения для городских объектов из-за конструктивных особенностей подземных сооружений, их автономности и повышенными требованиями безопасности, но не исключает их применения для устройств самого метрополитена.

Известен способ и система использования сбросного тепла метрополитенов, заключающийся в извлечении энергии тепла с помощью теплонасосной установки из рабочего вещества, аккумулирующего тепловую энергию воздуха, нагретого от движения поездов по тоннелю и от силового трансформатора, в качестве которого используют воду, скапливающую в тоннеле (Патент РФ №2194401, опубл. от 20.10.2002, бюл. №29).

Однако для реализации данного технического решения в качестве источника низкопотенциального тепла используется грунтовая вода, попадающая в тоннель через неплотности тоннельной обделки. При использовании современной высокоточной обделки влагопоступления из грунта должны отсутствовать, что делает невозможным использование данного способа.

Известно изобретение городского метрополитена с нулевым потреблением тепловой энергии от внешних источников, при котором предусматриваются отделение транспортной зоны от платформы станции перегородкой с автоматическими дверями и размещение теплового насоса в шахтах тоннельной вентиляции, работающих в реверсируемых режимах в зависимости от положения подвижного состава (Патент РФ №2672891, опубл. от 20.11.2018, бюл. №32).

Однако для реализации данного изобретения требуется постоянное переключение шахт тоннельной вентиляции между прямым и реверсивным режимом работы в зависимости от положения подвижного состава, что ведет к высокому износу вентиляционного оборудования и значительному усложнению системы управления.

Известна система вентиляции метрополитена с устройством термодинамической обработки воздуха в приточных и вытяжных шахтах в виде водо-воздушных теплообменников, объединенных между собой трубопроводом в общий гидравлический контур (Патент РФ №2689967, опубл. от 29.05.2019, бюл. №16).

Однако, применение данной системы ограничивает необходимость прокладки многокилометровых гидравлических контуров между приточными и вытяжными шахтами. В части схем предлагается использовать тепловой ресурс грунтовой воды, попадающей в тоннель через неплотности тоннельной обделки, что невозможно при использовании современной высокоточной обделки ввиду отсутствия течей.

Известен способ использования извлеченного геотермального тепла для охлаждения грунтов вокруг тоннелей метрополитена и трансформирования его для нагрева воды в системе горячего водоснабжения (Патент РФ №2683059, опубл. от 26.03.2019, бюл. №7).

Однако для его осуществления требуется большой объем земляных работ, а также доступ к наружному своду обделки, для укладки контуров теплообменника, что затруднено в условиях стесненной городской застройки и ведет к большим затратам

Известен способ вентиляции для линий метрополитена с двухпутным тоннелем, под сводом которого предусмотрен вентиляционный канал, где тепло выбросного воздуха использовалось для повышения температуры, подаваемого на перегон приточного воздуха в холодный период времени года. Способ обеспечивает круглогодичную подачу наружного воздуха в двухпутный тоннель по приточной вентиляционной шахте, расположенной на станции, и удалении тоннельного воздуха из двухпутного тоннеля через вытяжные вентиляционные шахты. Наружный воздух или смесь (в холодный период) из приточной вентиляционной шахты направляют в вентиляционный канал, расположенный в верхней части тоннеля (под сводом), а затем через клапан, связывающий центральную часть вентиляционного канала с тоннелем, перепускают воздух в тоннель с возможностью организации его движения по нему в противоположенных направлениях. (Патент РФ №2594025, опубл. от 10.08.2016, бюл. №22).

Известна теплонасосная система использования сбросного тепла метрополитена, содержащая тепловой насос, включающий в себя замкнутый контур рабочего тела с испарителем, конденсатором и компрессором, тоннельные вентиляторы, удаляющие вытяжной воздух линии метрополитена через вытяжную шахту и теплообменник-испаритель теплового насоса, который установлен в вытяжной шахте, и обеспечивающие передачу низкопотенциальной тепловой энергии вытяжного воздуха рабочему телу теплового насоса, и контур горячей воды, обеспечивающий передачу тепла от конденсатора теплового насоса к потребителям тепла (Патент на полезную модель РФ №120753, опубл. от 27.09.2012, Бюл. №27).

Однако в данном техническом решении не используется холодильный потенциал, получаемый за счет передачи тела рабочему телу теплового насоса, тепловой насос и тоннельные вентиляторы, устанавливаются на перегоне тоннеля метрополитена, что требует сооружения дополнительных строительных объемов в вытяжной шахте, а потребителями получаемого тепла от теплового насоса являются наземные объекты и объекты метрополитена, расположенные на станциях, что требует необходимости создания протяженных тепловых коммуникаций (трубопроводов) от вытяжной шахты, расположенной на перегоне тоннеля метрополитена.

Технический результат, который может быть получен при осуществлении изобретения, заключается в повышении эффективности применения теплового насоса, сокращении объема строительных работ при установке теплового насоса на станции метрополитена и сокращении протяженности тепловых коммуникаций (трубопроводов) от теплового насоса до потребителей тепловой энергии и холода.

Для достижения данного технического результата предлагаемая теплонасосная система использования сбросного тепла вытяжного воздуха метрополитена, содержащая тепловой насос, включающий в себя замкнутый контур рабочего тела с испарителем, конденсатором и компрессором, вытяжные вентиляторы, удаляющие вытяжной воздух линии метрополитена через теплообменники-рекуператоры, находящиеся в вытяжной шахте и обеспечивающие передачу низкопотенциальной тепловой энергии вытяжного воздуха рабочему телу теплового насоса, и контур горячей воды, обеспечивающий передачу тепла от конденсатора теплового насоса к потребителям тепла, согласно изобретения, что тепловой насос размещен в тепловом пункте внутри станции метрополитена с двухпутным тоннелем, под сводом пассажирской платформы которой расположен вытяжной вентиляционный канал, и снабжена промежуточным контуром передачи тепла от вытяжного воздуха теплового насоса с теплообменниками-рекуператорами, установленными в вытяжном вентиляционном канале станции метрополитена с двухпутным тоннелем и отбирающими тепло вытяжного тоннельного воздуха, проходящим через испаритель теплового насоса и обеспечивающим передачу низкопотенциальной тепловой энергии вытяжного воздуха рабочему телу теплового насоса, контуром горячей воды с электродкотлом, обеспечивающим передачу тепла от конденсатора теплового насоса к

потребителю тепла и разделенным через теплоаккумулятор на контур отопления и контур горячего водоснабжения с накопительным бойлером, контуром охлаждения, проходящим через испаритель теплового насоса и содержащим последовательно соединенные между собой бак аккумулятор, к которому подсоединен чиллер, и промежуточный теплообменник, через который проходит замкнутая система холодоснабжения потребителя холода, градирней, связанной трубопроводами с чиллером и контуром горячей воды, при этом промежуточный контур передачи тепла от вытяжного воздуха тепловому насосу и контур охлаждения работают параллельно, а в качестве потребителей тепла и холода используются объекты, расположенные внутри станции метрополитена.

Введение в состав предлагаемой теплонасосной системы использования сбросного тепла вытяжного воздуха метрополитена теплового насоса, размещенного в тепловом пункте внутри станции метрополитена с двухпутным тоннелем, под сводом которой расположен вытяжной вентиляционный канал, и снабжение теплонасосной системы промежуточным контуром передачи тепла от вытяжного воздуха тепловому насосу с теплообменниками-рекуператорами, установленными в вытяжном вентиляционном канале станции метрополитена с двухпутным тоннелем и отбирающими тепло вытяжного тоннельного воздуха, проходящим через испаритель теплового насоса и обеспечивающим передачу низкопотенциальной тепловой энергии вытяжного воздуха рабочему телу теплового насоса, контуром горячей воды с электрокотлом, обеспечивающим передачу тепла от конденсатора теплового насоса к потребителю тепла и разделенным через теплоаккумулятор на контур отопления и контур горячего водоснабжения с накопительным бойлером, контуром охлаждения, проходящим через испаритель теплового насоса и содержащим последовательно соединенные между собой бак аккумулятор, к которому подсоединен чиллер, и промежуточный теплообменник, через который проходит замкнутая система холодоснабжения потребителя холода, градирни, связанной трубопроводами с чиллером и контуром горячей воды, при этом промежуточный контур передачи тепла от вытяжного воздуха тепловому насосу и контур охлаждения работают параллельно, а использование в качестве потребителей тепла и холода объектов, расположенных внутри станции метрополитена, позволяет получить новое свойство, заключающееся в повышении эффективности применения теплового насоса за счет одновременного использования для потребителей, как теплоты от конденсатора теплового насоса, так и холодильного потенциала от испарителя теплового насоса, сокращения объема строительных работ при установке теплового насоса на станции метрополитена за счет размещения теплового насоса внутри теплового пункта станции метрополитена, что стало возможным за счет сбора вытяжного воздуха в вытяжном вентиляционном канале станции метрополитена с двухпутным тоннелем и размещения в нем теплообменников-рекуператоров промежуточного контура передачи тепла от вытяжного воздуха тепловому насосу, а также сокращения тепловых коммуникаций (трубопроводов) за счет передачи от теплового насоса тепловой энергии и холода только потребителям, размещенным на станции метрополитена, по контуру горячей воды, разделенному на контур отопления и контур горячего водоснабжения, и по контуру охлаждения, связанным с замкнутой системой холодоснабжения потребителя холода через промежуточный теплообменник.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлен поперечный разрез станции метрополитена с двухпутным тоннелем, на фиг. 2 - принципиальная схема теплонасосной системы использования сбросного тепла вытяжного воздуха метрополитена, на фиг. 3 - узел установки теплообменников-рекуператоров в вытяжном вентиляционном канале станции метрополитена с двухпутным тоннелем.

- 1 - тепловой насос тепловые насосы, включающий в себя замкнутый контур рабочего тела с испарителем, конденсатором и компрессором (на рис. не показаны);
- 2 - электрокотел контура горячей воды;
- 3 - градирня;
- 4 - теплоаккумулятор контура горячей воды;
- 5 - чиллер (холодильная машина) контура охлаждения;
- 6 - бак аккумулятор контура охлаждения;
- 7 - теплообменники-рекуператоры промежуточного контура передачи тепла от вытяжного воздуха тепловому насосу;
- 8 - накопительный бойлер контура горячего водоснабжения;
- 9 - контур отопления с потребителем тепла;
- 10 - контур горячего водоснабжения с потребителем горячей воды;
- 11 - замкнутая система холодоснабжения с потребителем холода;
- 12 - промежуточный теплообменник;

- 13 - трубопроводы промежуточного контура передачи тепла от вытяжного воздуха тепловому насосу;
- 14 - трубопроводы контура горячей воды;
- 15 - трубопровод подпитки контура горячего водоснабжения;
- 16 - трубопроводы контура охлаждения до бака аккумулятора;
- 17 - трубопроводы контура охлаждения после бака аккумулятора;
- 18 - трубопроводы сброса тепла в градирню;
- 19 - тепловой пункт станции метрополитена с двухпутным тоннелем;
- 20 - вытяжной вентиляционный канал станции метрополитена с двухпутным тоннелем;
- 21 - вытяжная вентиляционная камера;
- 22 - вытяжные вентиляторы;
- 23 - вытяжная шахта станции метрополитена с двухпутным тоннелем;
- 24 - станция метрополитена;
- 25 - двухпутный тоннель линии метрополитена.

Предлагаемая теплонасосная система использования сбросного тепла вытяжного воздуха метрополитена работает следующим образом.

Тепловой насос 1 размещен в тепловом пункте 19 внутри станции метрополитена 24 с двухпутным тоннелем 25, под сводом которой расположен вытяжной вентиляционный канал 20. В вытяжном вентиляционном канале 20 устанавливают теплообменники-рекуператоры 7 промежуточного контура передачи тепла от вытяжного воздуха тепловому насосу 1, через которые вытяжными вентиляторами 22 прокачивается из вытяжного вентиляционного канала 20 станции метрополитена 24 с двухпутным тоннелем 25. Низкопотенциальная (с низкой температурой) теплота вытяжного воздуха от теплообменников-рекуператоров 7 по трубопроводам 13 промежуточного контура передачи тепла от вытяжного воздуха тепловому насосу передается рабочему телу теплового насоса 1 через его испаритель (на рис. не показан).

За счет работы теплового насоса 1 низкопотенциальная теплота вытяжного воздуха преобразуется в теплоту рабочего тела теплового насоса 1 с высокой температурой, которая через конденсатор теплового насоса передается к теплоносителю (воде), циркулирующему в трубопроводах 14 контура горячей воды.

Контур горячей воды дополнительно оборудован электродом 2, который используется при необходимости более сильного нагрева теплоносителя, циркулирующего в трубопроводах 14 контура горячей воды. Контур горячей воды, обеспечивающий передачу тепла от конденсатора теплового насоса к потребителю тепла, доставляет по трубопроводам 14 горячую воду в теплоаккумулятор 4. Далее контур горячей воды разделяется через теплоаккумулятор 4 на контур отопления 9, который поставляет горячую воду к потребителю тепла для отопления, и контур горячего водоснабжения 10 с накопительным бойлером 8, который поставляет горячую воду к потребителю для горячего водоразбора. По трубопроводу подпитки 15 в бойлер 8 контура горячего водоснабжения подается необходимое количество воды для компенсации водоразбора ГВС.

При передаче тепла в испарителе теплового насоса 1 теплоноситель (пропиленгликоль) промежуточного контура передачи тепла от вытяжного воздуха охлаждается и его холодильный потенциал может быть использован для систем холодоснабжения потребителей, расположенных на станции метрополитена 24.

Для этих целей теплонасосная система параллельно промежуточному контуру передачи тепла от вытяжного воздуха тепловому насосу снабжена контуром охлаждения с трубопроводами 16, проходящим через испаритель теплового насоса 1 и содержащим последовательно соединенные между собой бак аккумулятор 6, к которому подсоединен чиллер 5, и через трубопроводы 17 промежуточный теплообменник 12, через который проходит замкнутая система холодоснабжения потребителя холода с потребителями холода 11.

Вытяжные вентиляторы 22, установленные в вытяжной вентиляционной камере 21, удаляют вытяжной воздух из вентиляционного канала 20, размещенного под сводом станции метрополитена 24 с двухпутным тоннелем 25, через вытяжную шахту 23.

При необходимости через трубопроводы сброса тепла 18 в градирню 3, также установленной в вытяжном вентиляционном канале 20, отводится тепло от теплового насоса 1 (в случае временного отсутствия потребителей горячей воды и отопления - летний режим) и чиллера (холодильной машины) 5.

В качестве потребителей тепла и холода используются объекты расположенные внутри станции метрополитена.

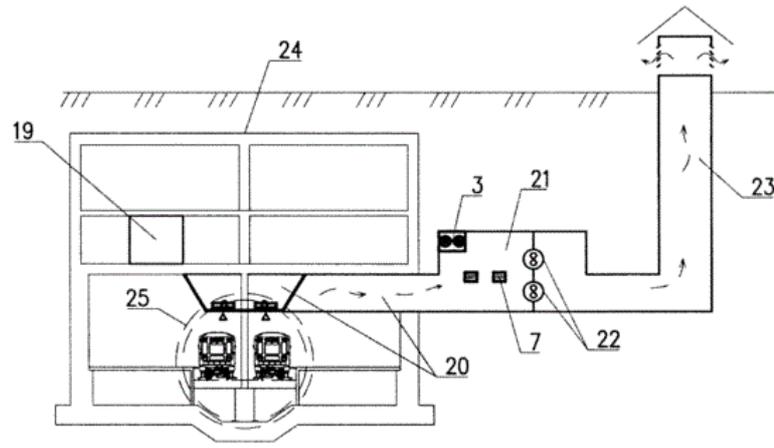
Источники информации, принятые во внимание при составлении заявки:

1. Патент РФ №2194401, опубл. от 20.10.2002, бюл. №29.

2. Патент РФ №2672891, опубл. от 20.11.2018, бюл. №32.
3. Патент РФ №2689967, опубл. от 29.05.2019, бюл. №16.
4. Патент РФ №2683059, опубл. от 26.03.2019, бюл. №7.
5. Патент РФ №2594025, опубл. от 10.08.2016, бюл. №22.
6. Патент на полезную модель РФ №120753, опубл. от 27.09.2012, бюл. №27 - прототип.

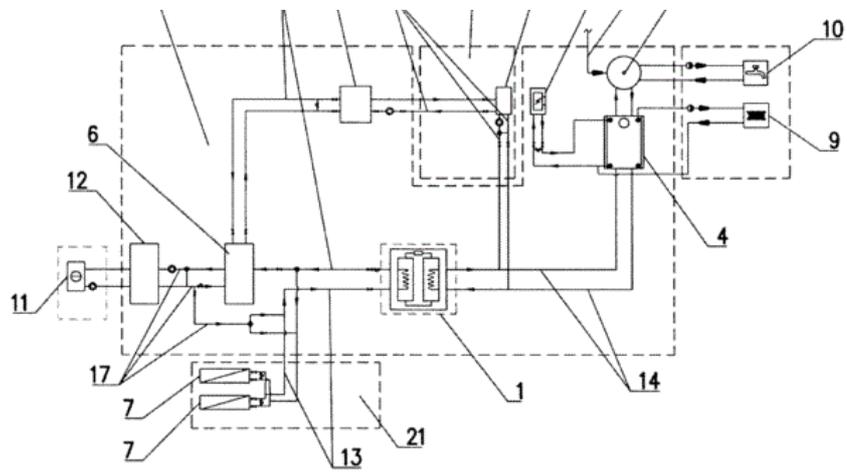
Формула изобретения

Теплонасосная система использования сбросного тепла вытяжного воздуха метрополитена, содержащая тепловой насос, включающий в себя замкнутый контур рабочего тела с испарителем, конденсатором и компрессором, вытяжные вентиляторы, удаляющие вытяжной воздух линии метрополитена через теплообменники-рекуператоры, находящиеся в вытяжной шахте и обеспечивающие передачу низкопотенциальной тепловой энергии вытяжного воздуха рабочему телу теплового насоса, и контур горячей воды, обеспечивающий передачу тепла от конденсатора теплового насоса к потребителям тепла, отличающаяся тем, что тепловой насос размещен в тепловом пункте внутри станции метрополитена с двухпутным тоннелем, под сводом пассажирской платформы которой расположен вытяжной вентиляционный канал, и снабжена промежуточным контуром передачи тепла от вытяжного воздуха теплового насоса с теплообменниками-рекуператорами, установленными в вытяжном вентиляционном канале станции метрополитена с двухпутным тоннелем и отбирающими тепло вытяжного тоннельного воздуха, проходящим через испаритель теплового насоса и обеспечивающим передачу низкопотенциальной тепловой энергии вытяжного воздуха рабочему телу теплового насоса, контуром горячей воды с электродогревом, обеспечивающим передачу тепла от конденсатора теплового насоса к потребителю тепла и разделенным через теплоаккумулятор на контур отопления и контур горячего водоснабжения с накопительным бойлером, контуром охлаждения, проходящим через испаритель теплового насоса и содержащим последовательно соединенные между собой бак аккумулятора, к которому подсоединен чиллер, и промежуточный теплообменник, через который проходит замкнутая система холодоснабжения потребителя холода, градирней, связанной трубопроводами с чиллером и контуром горячей воды, при этом промежуточный контур передачи тепла от вытяжного воздуха теплового насоса и контур охлаждения работают параллельно, а в качестве потребителей тепла и холода используются объекты, расположенные внутри станции метрополитена.

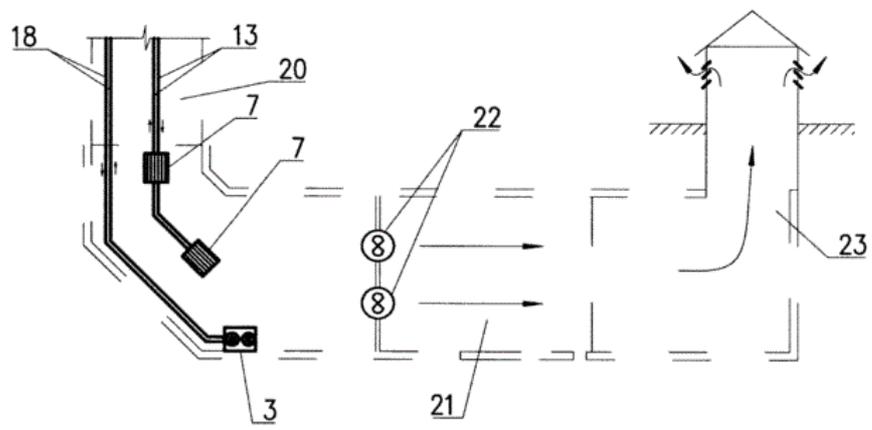


Фиг.1

19 16 5 18 21 3 2 15 8



Фиг.2



Фиг.3